



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

NÁVRH REKONSTRUKCE BALVANITÉHO SKLUZU

DESIGN OF BOULDER CHUTE RECONSTRUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lenka Zahradníková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Hana Uhmánová, CSc.

BRNO 2017



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Lenka Zahradníková
Název	Návrh rekonstrukce balvanitého skluzu
Vedoucí práce	Ing. Hana Uhmánová, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,
MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Odborná literatura:

Raplík M., Výbora P., Mareš K.: Úprava tokov, Alfa, Bratislava. 1989.

Mareš K.: Úpravy toků, ČVUT, Praha. 1997.

Kolář, V., Patočka, C., Bém, J.: Hydraulika. SNTL/ALFA. Praha. 1983.

<http://www.hec.usace.army.mil>.

Zástěra, Z. a kol. Balvanité skluzy. Hydroprojekt Brno, 1984.

Geodetické podklady – situace zájmového úseku.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

V upraveném úseku toku Rožnovské Bečvy nad Maretkovým potokem se nachází balvanité skluzy, které jsou dle podkladů v nevyhovujícím technickém stavu. V rámci bakalářské práce se zaměří především na:

- popis současného stavu koryta toku a objektů na toku,
 - zjištění současné kapacity toku,
 - ideový návrh rekonstrukce vybraného balvanitého skluzu v řešené lokalitě.
- Přesné vymezení řešeného úseku toku bude provedeno při předání podkladů.

Bakalářská práce bude obsahovat:

Textovou část – úvod, informace o toku, popis řešené lokality, popis stávajícího stavu toku a balvanitých skluzů, hydrotechnické výpočty na ověření kapacity, ideový návrh rekonstrukce skluzu, závěr.

Přílohy – výkresová dokumentace (situace, podélný profil, příčné řezy).

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Hana Uhmánová, CSc.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem rekonstrukce balvanitého skluzu na vodním toku Rožnovská Bečva v říčním kilometru 10,865. V blízkosti balvanitého skluzu byla navrhována úprava toku o délce 642,8 m. V rámci práce byl dále proveden návrh parametrů pro rekonstrukci balvanitého skluzu v říčním kilometru 10,608. Byla zjištěna současná kapacita toku zadáním příčných profilů do programu HEC-RAS 4.1.0. a proveden výpočtový návrh parametrů skluzu. Kapacita nově navrženého stavu koryta byla ověřena programem HEC-RAS 4.1.0. Na základě výpočtů byla navržena rekonstrukce balvanitého skluzu.

ABSTRACT

The aim of the thesis is to design a boulder chute reconstruction for the Rožnovská Bečva watercourse at 10,865 river kilometers. The design proposes adjustments of the watercourse of the total length of 642,8m. The thesis also includes designed parameters for the boulder chute reconstruction at 10,865 river kilometers. The current watercourse capacity was assessed using the HEC-RAS 4.1.0 software and a computational model was made of the parameters of the chute. The capacity of the newly designed riverbed was verified using HEC-RAS 4.1.0. Based on the calculations, the boulder chute reconstruction was designed.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bečva, kapacita koryta, HEC-RAS, posouzení stavu, návrhový průtok, balvanitý skluz, rekonstrukce

KEYWORDS

Bečva, capacity of the channel, flow calculation, HEC-RAS, condition assessment, design flow, boulder chute, renovation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Lenka Zahradníková *Návrh rekonstrukce balvanitého skluzu*. Brno, 2017. 44 s., 75,5 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb. Vedoucí práce Ing. Hana Uhmánová, CSc.

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 26.5.2017

.....

Lenka Zahradníková

PODĚKOVÁNÍ:

Na tomto místě bych chtěla poděkovat paní Ing. Hanně Uhmannové, Csc., vedoucí práce, za odborné vedení, ochotu, trpělivost a cenné rady v průběhu tvorby bakalářské práce.

Další poděkování patří mé rodině za psychickou a materiální podporu v průběhu celého studia.

OBSAH

1.	CÍL A ÚVOD PRÁCE	1
2.	BALVANITÉ SKLUZY	2
2.1	Původ	2
2.2	Popis	2
2.3	Použití	3
2.4	Hydraulický výpočet kapacity přepadu balvanitého skluzu	4
2.5	Stanovení vymílací rychlosti na skluzové ploše	5
2.6	Filtrační stabilita	6
2.6.1	Hydraulické okrajové podmínky	6
2.6.2	Filtry z technických textilií	6
2.7	Konstrukční úpravy	7
2.7.1	Úprava koruny skluzu	7
2.7.2	Zabezpečení paty svahu	7
2.7.3	Prostorová úprava	8
2.7.4	Vegetační doprovod	8
2.7.5	Boční zavázání skluzu	8
3.	POPIS ÚZEMÍ	9
3.1	Správní údaje	9
3.2	Údaje o povodí	10
3.3	Geologické poměry	11
3.4	Hydrogeologické poměry	12
3.5	Pedologické poměry	13
3.6	Klimatické poměry	14
3.7	Hydrologické poměry	15
3.8	Údaje o průmyslu	16
3.9	Životní prostředí	16
4.	POPIS ŘEŠENÉHO ÚSEKU	17
5.	HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY	21
5.1	Proudění v korytech	22
5.1.1	Ustálené proudění	22
5.1.2	Neustálené proudění	22
5.1.3	Metoda po úsecích	22
5.2	Vstupní data pro model v HEC-RAS	25
5.2.1	Geometrická data	25
5.2.2	Okrajové podmínky	25
5.3	Kapacita koryta	25
5.4	Návrh úpravy koryta	26
5.5	Výpočet návrhových parametrů balvanitého skluzu, ř.km 10,865	27
5.5.1	Výpočtové schéma	27
5.5.2	Výpočet drsnosti	28
5.5.3	Základní parametry	28
5.5.4	Návrhové parametry skluzu	29
5.6	Výpočet návrhových parametrů balvanitého skluzu, ř.km 10,608	31
5.6.1	Základní parametry	31
5.6.2	Návrhové parametry skluzu	32
5.7	Průběh hladiny pro navržený stav	34

6.	POPIS KONSTRUKCE BALVANITÉHO SKLUZU	34
6.1	Koruna přelivu	34
6.2	Skluzová konstrukce	35
6.3	Dno pod balvanitým skluzem	35
6.4	Podloží skluzu.....	35
7.	ZÁVĚR	36
8.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	38
9.	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	40
9.1	Symbole	40
9.2	Zkratky.....	41
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ	42
11.	SEZNAM TABULEK.....	43
12.	SEZNAM PŘÍLOH.....	44
12.1	Výkresy	44
12.2	Výpočty.....	44

1. CÍL A ÚVOD PRÁCE

Cílem bakalářské práce je návrh rekonstrukce balvanitého skluzu na vybraném úseku Rožnovské Bečvy nad Maretkovým potokem. V řešeném úseku Rožnovské Bečvy se nachází balvanité skluzy, které jsou v nevyhovujícím technickém stavu a neplní svojí funkci. Úsek začíná na říčním km 9,640 a končí km 11,264. Tok zde protéká nezastavěným územím, je šterkonosný a zároveň má velký sklon dna, proto je vhodné navrhnout balvanité skluzy vedoucí k lepší stabilitě koryta a ke snížení podélného sklonu. Základním podkladem pro provedení návrhu je dostatečné seznámení se s danou lokalitou a přilehlým povodím. Součástí předložené práce je popis stávajícího stavu koryta, objektů nacházejících se na toku a zjištění stávající kapacity.

V roce 1893 byla regulována horní část Rožnovské Bečvy. Regulace dolní části toku proběhla v roce 1895. Téhož roku byla Rožnovská Bečva v celé délce upravena i z hlediska trasy. Na přelomu století došlo k velkým povodním, které zdevastovaly koryto a jednotlivé objekty v něm. Po průchodu dalších povodní na počátku 20. století došlo k úpravě původního projektu z roku 1904. Po dobu realizace projektu byly na řece vystavěny odolnější kamenné záhozy, dlažby a v některých místech byly vybudovány kamenné zdi. Během první světové války byly práce na řece pozastaveny a docházelo k prohlubování toku na skalní podloží, které bylo měkké a docházelo tím k odplavování šterkové vrstvy a k stále většímu prohloubení. V období 20. let 20. století byly na řece provedeny poslední velké změny. Plán se zaměřil především na výstavbu příčných objektů, protože původní dřevěné jezy nebyly schopny odolávat průtokům vody v prohlubujícím se korytě řeky. Pro zmírnění podélného sklonu bylo postaveno několik pevných prahů, spádových stupňů a železobetonových jezů. Některé tyto jezy slouží na řece dodnes [7].

Bakalářská práce se zabývá řešením rekonstrukce balvanitých skluzů, které jsou dle podkladů v nevyhovujícím stavu. Dílčím cílem práce je vypracování popisu současného stavu koryta toku a objektů na toku, zjištění kapacity toku a ideový návrh rekonstrukce balvanitého skluzu ve vybraném úseku. Další částí práce je návrh vhodné úpravy koryta toku v blízkém okolí rekonstruovaného skluzu.

2. BALVANITÉ SKLUZY

2.1 Původ

Balvanité skluzy vznikly při snaze najít řešení, jak ušetřit vysoké náklady, nutnost kvalifikovaných sil a čas při výstavbě zděných nebo betonových stupňů. Řešení poskytuje menší zásah do přírodního prostředí a koryta toku.

Stupně byly poprvé nahrazeny balvanitými skluzy v 50. letech tohoto století, skluz byl poprvé postaven v Rakousku, dále pak sloužil také jako vzor pro výstavbu skluzů v bývalém Československu [1].

2.2 Popis

Skluz je objekt na vodním toku překonávající rozdíl v niveletě horního a dolního dna. Konstrukce balvanitých skluzů zpravidla napodobují přirozené balvanité útvary na horských tocích. Povrch skluzů je velmi drsný a má za následek utlumení kinetické energie přepadajícího vodního paprsku. K utlumení kinetické energie dochází po celé délce přelivné plochy a tím je energie natolik snížena, že není potřeba pod skluzem budovat vývar. Za skluzem je vhodné navrhnout stabilizaci dna, aby nedocházelo k jeho vymílání.

Před samotným návrhem balvanitého skluzu je nutné zjistit dostupnost lomového kamene, který je nutný k výstavbě. Doprava lomového kamene často zvyšuje náklady na stavbu skluzu.

Balvanité skluzy umožňují svým řešením migraci živočichů bez nutnosti výstavby rybích přechodů.

Podle způsobu uložení balvanů rozlišujeme tři varianty skluzů:

- první varianta je provedena jako navrstvení balvanů do několika vrstev do požadovaného tvaru,



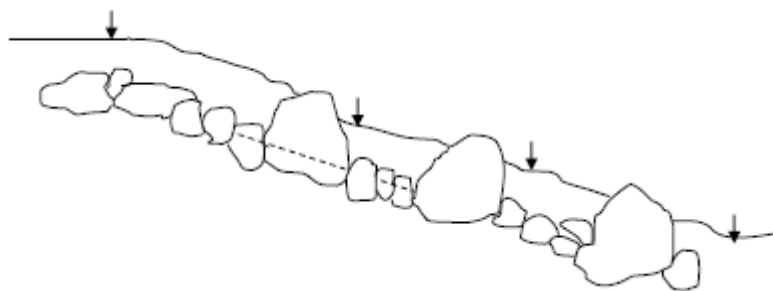
Obr. 2.1 - První varianta skluzu [2]

- druhá varianta je vytvořena skládáním balvanů na výšku (silniční štět) v jedné vrstvě na upravenou šikmou plochu,



Obr. 2.2 – Druhá varianta skluzu [2]

- třetí variantou je střídání velkých balvanů s částmi s menšími balvany, při tomto provedení dochází k umělému vytvoření peřejí.



Obr. 2.3 – Třetí varianta skluzu [2]

Skluz je velmi často stabilizován v horní (výjimečně v dolní) části štětovou stěnou, která je zaražena napříč tokem. Stěnu lze nahradit zapuštěným klínem z balvanů, pro vyšší odolnost může být zalitý betonem [2]

2.3 Použití

Balvanité skluzy se navrhují tam, kde se rychlost proudění vody pohybuje v rozmezí 1,0 až 3,0 m.s⁻¹. Jejich výška bývá maximálně do dvou metrů a sklon je navrhován v rozsahu 1:6 až 1:12. Pokud je sklon skluzu menší jak 1:6 dochází ke zhoršení stability balvanů, k nedostatečnému utlumení kinetické energie a ke zhoršené průchodnosti pro ryby.

Umístění balvanitého skluzu je vhodné na:

- přirozených tocích se splaveninami většího charakteru,
- upravených tocích s opevněním vegetací,
- vodních tocích, kde bude docházet k trvalému přelévání vody přes větší část skluzové plochy,
- jako zabezpečovací prvek u provádění úprav nebo při rekonstrukci starých objektů.

Balvanitý skluz není vhodný pro [2]:

- trať vedoucí intravilánem,
- vodní toky s nestálou hladinou vody,
- výrazně znečištěné toky,
- toky s možností rekreace.

2.4 Hydraulický výpočet kapacity přepadu balvanitého skluzu

Vztah pro výpočet kapacity lichoběžníkového přepadu:

$$Q = \sigma \cdot A \cdot K \cdot M \cdot b_1 \cdot h_o^{3/2} + \sigma' \cdot 4/5 \cdot M' \cdot m' \cdot h_o^{5/2} \quad (2.1.)$$

kde:

σ ... součinitel zatopení – pro dokonalý přepad je roven jedné, jinak nabývá hodnot menších než jedna (tabulky, např. Balvanité skluzy [3]),

A ... součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu. Je-li osa přelivu kolmá k ose toku je $A=1$,

K ... součinitel bočního zúžení přelivného otvoru ovlivněný tvarem pilířů, připadá v úvahu především při rekonstrukcích starých objektů na toku (hodnoty 1,0; 0,7; 0,4),

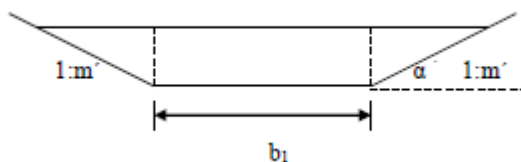
M ... součinitel přepadu – nabývá hodnot 1,45 - 1,8 (tabulky, např. Balvanité skluzy [3]),

h_o, h_o' ... přepadová + rychlostní výška $h_o = h + k, k = v_1^2/2g$ v_1 ... rychlostní proudění v přítokové trati,

σ' ... součinitel zatopení pro přepadové množství nad skloněnými bočními plochami pro dokonalý přepad je roven jedné, jinak nabývá hodnot menších než jedna (tabulky, např. Balvanité skluzy [3]),

M' ... součinitel přepadu na skloněnými bočními plochami pro předběžný výpočet
možno brát $M'=1,68$,

m' ... $\cotg \alpha$ (sklon svahů v šikmé části – viz br. 2.4).



Obr. 2.4 – Schéma koryta [2]

První část rovnice na pravé straně zastupuje přepadové množství vody nad přepadovou hranou, druhá část pravé strany rovnice stanovuje přepadové množství nad skloněnými bočními plochami [2].

2.5 Stanovení vymílací rychlosti na skluzové ploše

Pro stabilní skluzovou plochu platí $v_s < v_{sv}$

v_s ... střední profilová rychlost na skluzu,

v_{vs} ...vymílací rychlost na skluzu dovolená pro daný kámen, hloubku a sklon.

$$v_{vs} = 6,8 \cdot D^{1/3} \cdot h^{1/6} \cdot C_s^{1/2} \quad (2.2.)$$

D ...největší rozměr kamene,

h ...hloubka vody na skluzu v metrech v nejnamáhavějším profilu,

$C_s = \left(\frac{\tan \varphi - \tan \alpha}{\tan \varphi} \right)$... součinitel vlivu sklonu na skluzu kamene,

$\varphi = 41^\circ$... úhel vnitřního tření balvanitého materiálu ve vodě,

α ... sklon skluzové plochy.

Nebo možnost využití následujícího [2]:

Sklon skluzu	C_s
1:6	0,8083
1:8	0,8562
1:10	0,8850
1:12	0,9041

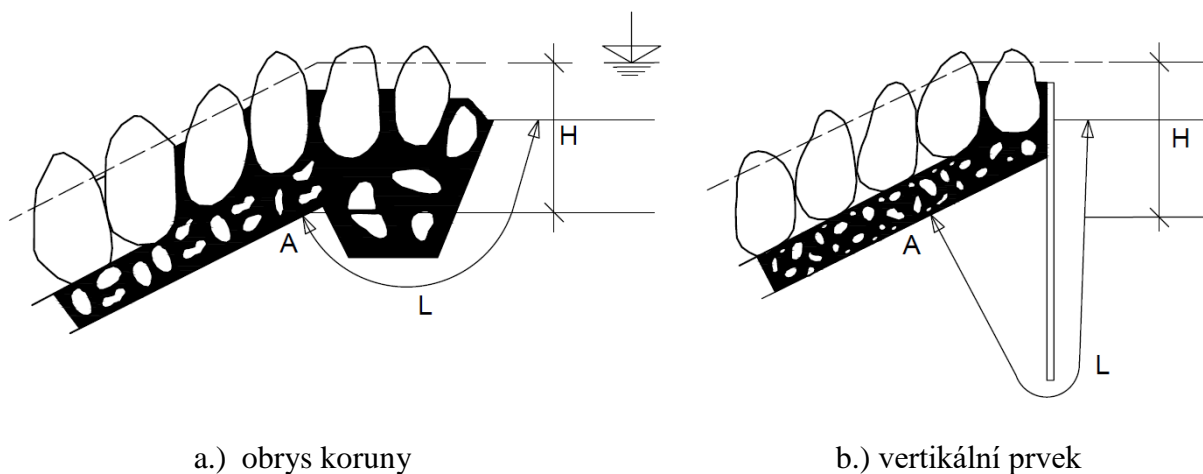
2.6 Filtrační stabilita

Při založení balvanitého skluzu na nesoudržných nebo málo soudržných zeminách je nutné posoudit filtrační stabilitu. Posouzení je nutné u zemin charakterizovaných číslem nestejnozrnatosti $C_u \geq 10$, indexem plasticity $I_p < 7$, při přerušené čáře zrnitosti a u zemin nedostatečně ulehlých nebo zhutněných. Filtrační stabilita zemin závisí především na velikosti hydraulických sklonů prosakující vody a na filtračně sufózní odolnosti zeminy [3].

2.6.1 Hydraulické okrajové podmínky

Pro posouzení a zajištění stability materiálu pod základem se určí hydraulický sklon podzemní vody, prosakující v řešené lokalitě.

Pokud je koruna přepadu řešena jako zdánlivě nepropustný prvek, zapuštěný pod niveletu horního dna, je pro výpočet vhodné zvolit průsakovou dráhu L , rovnou rozvinuté délce podzemního obrysu koruny nebo vertikálního nepropustného prvku viz. Obr 2.5 a.) a 2.5 b.) Při výskytu malých průtoků dochází z hlediska filtrace k nepříznivému zatěžovacímu stavu. [3]



Obr. 2.5 - Rozvinutá délka podzemního [3]

2.6.2 Filtry z technických textilií

Pro zabezpečení ochrany zeminy, která se nachází pod základem skluzu, proti filtračním deformacím lze využít technické textilie vyrobené z umělých hmot. Jako nejvhodnější volba s ohledem na technologie výstavby a namáhání filtru při provozu je doporučeno užití netkané textilie [3].

Zásady navrhování filtrů z technických textilií:

- nesmí dojít k protržení textilie při její manipulaci, podloží musí být zbaveno ostrých výčnělků,
- textilie nesmí být vystaveny povětrnostním vlivům, aby nedocházelo k její fotodegradaci,
- spojování se provádí svářením, lepením nebo překrytím cca o 20 cm,
- použití závisí na velikosti zrna kameniva ukládaného na textilií.

2.7 Konstrukční úpravy

2.7.1 Úprava koruny skluzu

Z hlediska stability konstrukce skluzu je možné navrhnout štětovou stěnu. Její použití je nutné posoudit jinými hledisky, například požadavky na udržení doporučené výšky hladiny nad objektem.

Pro zvětšení bezpečnosti proti vyplavování jemných frakcí zeminy se zřizují svislé prvky jako například zápleťový plůtek, kamenná žebra nebo dřevěné stěny a jiné.

Dalším řešením úpravy koruny může být její prolití betonem. Prolití se ukončí ve třetině velikosti kamene pod střední úroveň vrcholů kamenů skluzů, horní třetina zůstává neprolita.

Na skluzu je nutné zajistit souvislý průtok vody alespoň v některých místech z důvodu estetického a biologického sjednocení toku. Tloušťka přepadajícího paprsku by měla být minimálně 5 cm. Pro zajištění stability balvanů při stálém průtoku je nutné vyplnit dutiny mezi nimi proštěrkováním nebo vyklínováním lomovým kamenem [3].

2.7.2 Zabezpečení paty svahu

Pro skluzy, u kterých jsou návrhové parametry na hranici stability je doporučeno:

- pro skluzy nad 2,5 m vysokých – piloty nebo larseny,
- zdvojení posledních řad balvanů,
- prolití paty betonem.

Jako piloty se mohou využít staré kolejnice, ty jsou vhodné především do pstruhových řek, kde by mohlo dojít k ohrožení rybí obsádky při použití betonu. Při řešení paty svahu je důležité dát přednost horizontálnímu zabezpečení paty před vertikálními prvky. Svislým prvkem za patou skluzu může vytvořit přepad a tím dochází k prohlubování výmolů. Vhodnou volbou je zához za patou z hlediska zmenšování výmolů a snadného doplňování odplaveného materiálu.

Délka záhozu za patou skluzu se stanoví výpočtem. Pro paty vyklenuté proti proudu (mušlovitý tvar) je doporučeno vyplnit vyklenutí stejnou velikostí kamenů, které byly použity na skluzovou plochu a dále opevnit koryto na délku pětinasobku výšky skluzu. U skluzů provedených na skalním podloží je nutné provést zavázání paty svahu ozubem do skalního podloží minimálně do hloubky poloviny velikosti kamene balvanitého skluzu [3].

2.7.3 Prostorová úprava

Při šířce dna menší než 10 m a velkém průtoku, kde může docházet k tvorbě výmolů pod skluzem, platí doporučení provádět přepadovou hranu přímou. U skluzů vyšších než 3 m není vhodné horizontální zakřivení přepadové hrany [3].

Požadavky při stavbě:

- drsnost přepadu musí být zachována při prolití koruny skluzu,
- balvany do skluzové plochy se musí ukládat a větší dutiny je nutno vyklínovat menšími kameny,
- volně naspané kameny je možno výjimečně využít v dočasných konstrukcích.

2.7.4 Vegetační doprovod

Vegetační doprovod je možný na svazích skluzu podle místních podmínek s přihlédnutím k normám [3].

2.7.5 Boční zavázání skluzu

Během velkých průtoků může docházet k obejití skluzu velkou vodou, doporučením pro zajištění stability je boční zavázání do břehů příčnou kamennou stavbou (oživenou rovnaninou) [3].

3. POPIS ÚZEMÍ

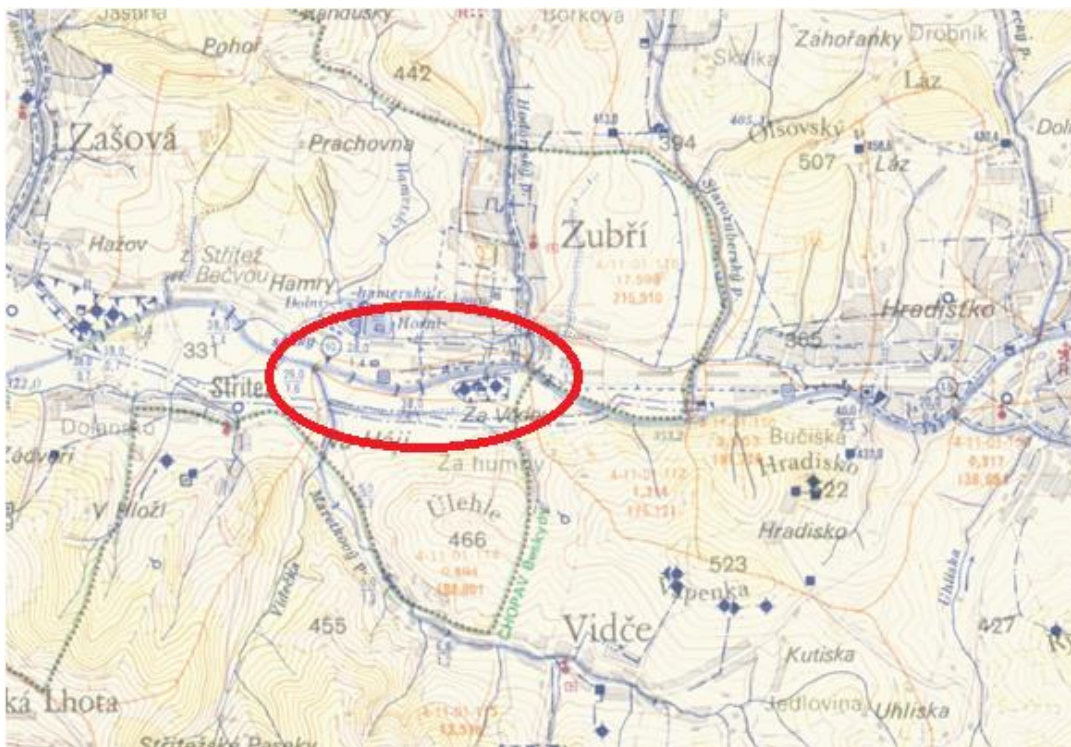
3.1 Správní údaje

Rožnovskou Bečvu má pod správou Povodí Moravy, s.p. se sídlem v Brně, ulice Dřevařská 11, 601 75. Řešené území se nachází na říčním kilometru 9,640 až 11,264 v blízkosti obce Zubří. Nejbližší hlásný profil se nachází v Rožnově pod Radhoštěm, jedná se o stanici kategorie B provozovanou Českým hydrometeorologickým ústavem s pobočkou v Ostravě.

Hydrologické charakteristiky

Kraj:	Zlínský
Okres:	Vsetín
Číslo hydrologického pořadí:	4-11-01-094
Číslo vodohospodářské mapy:	25-23
Délka toku:	37,6 km
Plocha povodí:	254,3 km ²

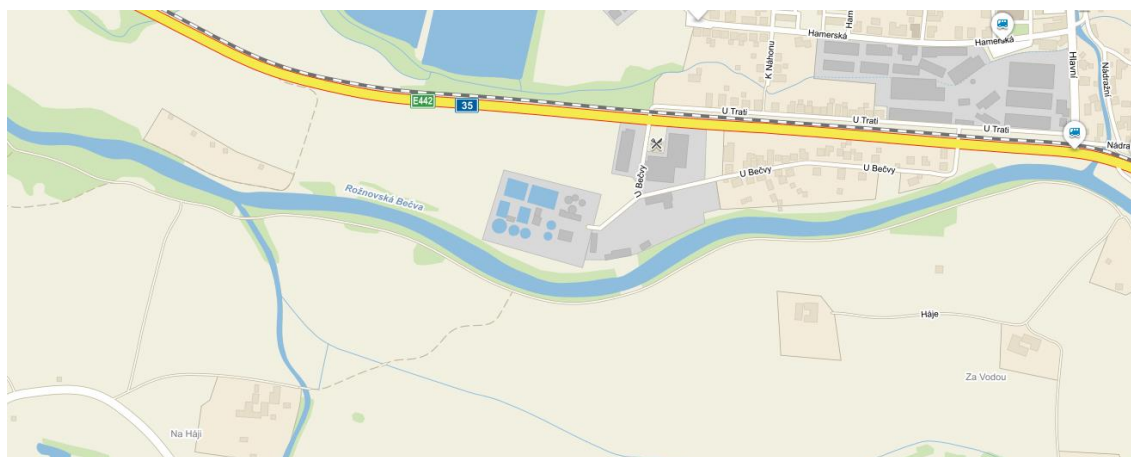
Oblast povodí Moravy je čtvrtá největší z osmi povodí v České republice a rozprostírá se na pěti krajích. Jedná se o kraj Olomoucký, Zlínský, Jihomoravský, Pardubický a Moravskoslezský [4].



Obr. 3.1 - Vodohospodářská mapa s vyznačeným zájmovým územím [5]



Obr. 3.2 - Letecká mapa zájmového úseku [6]



Obr. 3.3 - Mapa řešeného úseku [6]

3.2 Údaje o povodí

Rožnovská Bečva pramení ve Vsetínských vrších na hoře Vysoká v nadmořské výšce 950 m. Řeka je od pramene až po obec Horní Bečva bystrinného rázu, v obci se nachází stejnojmenná vodní nádrž. Od nádrže je pak provedena regulace koryta až po soutok s Vsetínskou Bečvou. Tok je velice šterkonosný, s velkým podélným sklonem a dno kamenité. Horní a prostřední část toku je kamenitá, v dolním úseku se nachází kamenité, místy balvanité, dno až po Valašské Meziříčí, kde je dno převážně šterkovité. Po větší část délky toku se řeka ubírá severozápadním směrem, později nabírá více západní směr. Před soutokem se Vsetínskou Bečvou ve Valašském Meziříčí dochází ke zúžení toku a zvýšení rychlosti proudění. Soutok řek je v nadmořské výšce 288 m, řeka dále pokračuje pod označením Bečva.

Levostranný přítok: Solanecký potok, Hážovický potok, Maretkový potok

Pravostranný přítok: Mečůvka, Kněhyně, Horní Rozpítý potok, Dolní Rozpítý potok, Kaní potok, Dolnopasecký potok, Starozubecký potok, Hodorfský potok, Zašovský potok, Krhovský potok

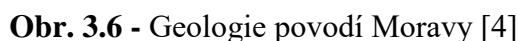


Obr. 3.4 - Oblast povodí Moravy [4]

3.3 Geologické poměry

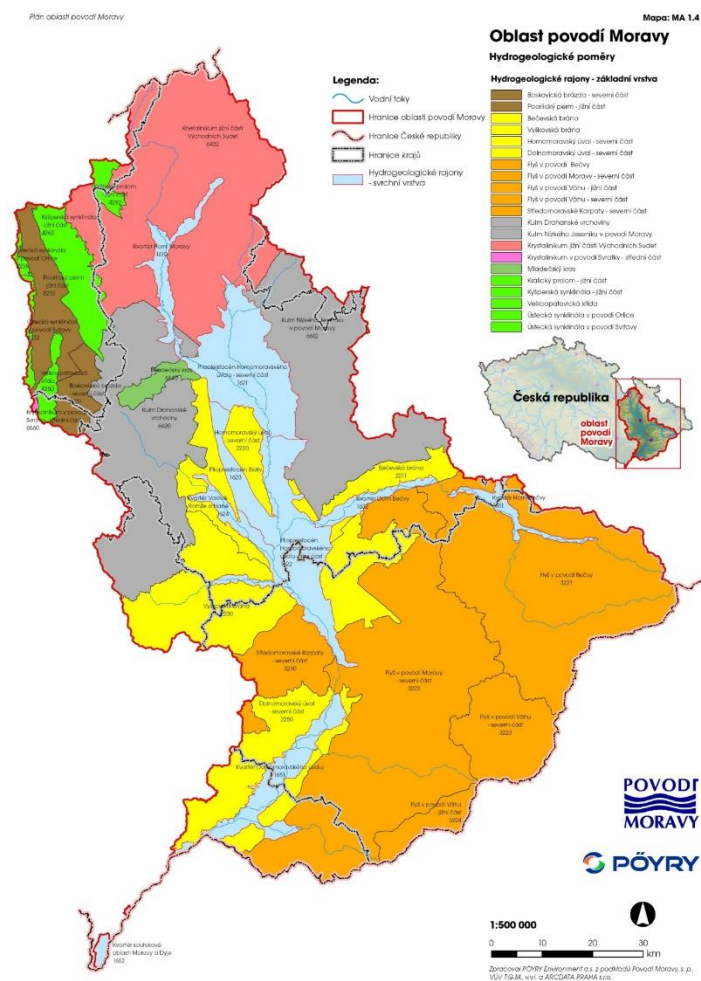
Oblast povodí Moravy se rozprostírá na území Českého masivu a Vnějších Západních Karpat.

Okres Vsetín se nachází převážně na flyšovém pásmu Západních Karpat, které jsou součástí soustavy pásemných pohoří, vznikajících ve třetihorách působením alpského vrásnění. K modelaci reliéfu výzdvihem celé oblasti došlo ve čtvrtohorách. Pojmem flyš se označuje soubor usazených hornin, u kterých docházelo k pravidelnému střídání pískovců, prachovců, jílovců, slínovců, výjimečně slepenců a vápenců. V okrese Vsetín se nacházely malé naleziště nerostných surovin. Těžba železné rudy probíhala dříve v lokalitě obce Zubří. Průmyslová ložiska ropy se nachází pouze v oblasti Rožnova a Choryňska [8].



Pro Beskydsko-karpatskou část a Vnější Západní Karpaty jsou roční úhrny srážek do 600 mm. V oblasti Beskyd se hodnota ročního úhrnu pohybuje okolo 1000 mm. Specifický odtok je velice proměnlivý, hodnota se pohybuje podle morfologických poměrů a rozložení srážek od $20 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ až pod $3 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ v Dolnomoravském úvalu. Nepravidelné odtoky jsou specifické pro flyš, horniny mají propustnost omezenou flyšovým charakterem souvrství, kterým je soustavný výskyt pelitických vložek.

V oblasti povodí Moravy se lokálně vyskytují mineralizované a termální podzemní vody hlubinného oběhu.

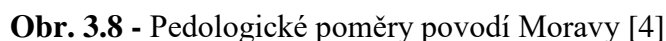


Obr. 3.7 - Hydrogeologické poměry povodí Moravy [4]

3.5 Pedologické poměry

Pro okres Vsetín a flyšové pásmo, které se v něm nachází, je typický výskyt pískovců (magurský, hieroglyfický, kvarcitický). Na území obce Zubří se nachází převážně hlinité a písčité půdy. Téměř všechny půdy na území se vyznačují štěrkovitostí, někdy až kamenitostí a balvanitostí. Tyto území jsou výrazné hlavně v oblasti aluviálních půd. Jsou to půdy s nízkým obsahem humusu a kyselé půdy bez obsahu volného uhličitane vápenatého.

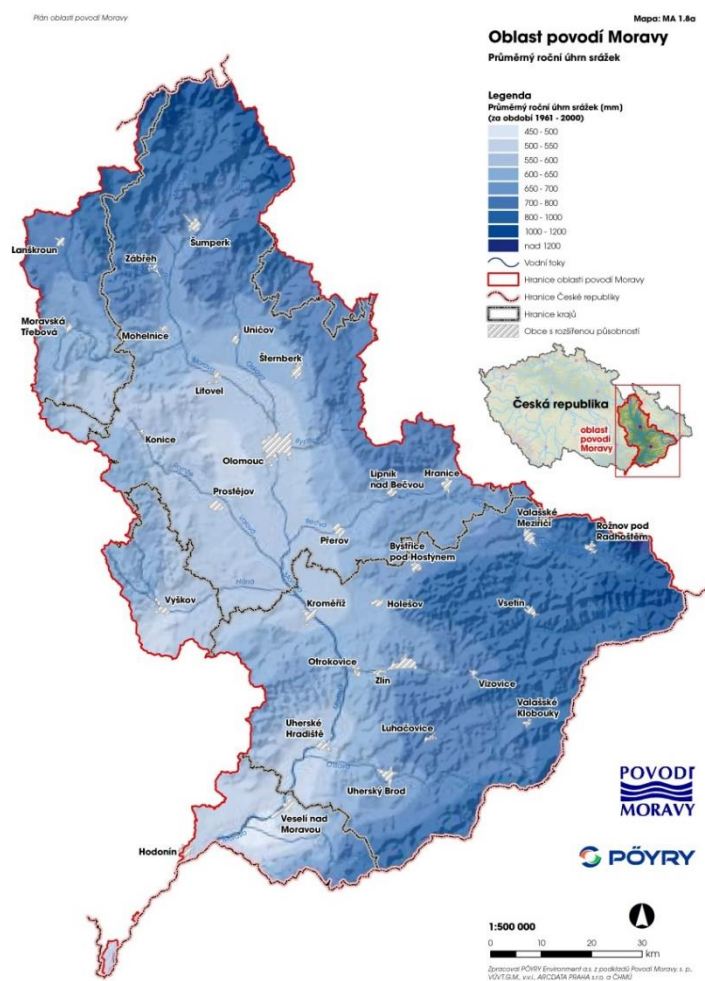
V okrese Vsetín, mimo údolní polohy, se vyskytuje plošná a rýhová eroze, která často omezuje využití mechanizačních prostředků [9].



V území povodí Moravy jsou klimatické poměry v mírném pásmu s pravidelným střídáním čtyř ročních období s kombinací vlivů kontinentálního a oceánského podnebí.

Srážkový úhrn dlouhodobě měřený v roce 1961–1990 je 670 mm. Měsíc červen je v dlouhodobém měření nejvydatnější na srážky se srážkovým úhrnem 89 mm. Nejmenší množství srážek se vyskytuje v lednu a březnu, srážkový úhrn dosahuje 37 mm.

14



Obr. 3.9 - Srážkový úhrn na území povodí Moravy [4]

3.7 Hydrologické poměry

Informace o hydrologických poměrech jsou čerpány z evidenčního listu hlášeného profilu číslo 325. Jedná se o stanici kategorie B, nachází se v Rožnově pod Radhoštěm a provozovatelem je ČHMÚ Ostrava [10].

Staničení:	14,3 km
Nula vodočtu:	362,95 m.n.m.
Číslo hydrologického pořadí:	4-11-01-1101
Průměrný roční stav:	88 cm
Průměrný roční průtok:	2,72 m ³ .s ⁻¹
Nejvyšší zaznamenaný stav:	370 cm, 6.7.1997

Tab. 3.1 - Stupeň povodňové aktivity [10]

Stupeň povodňové aktivity	[cm]	[m ³ .s ⁻¹]
Bdělost	170	44,7
Pohotovost	210	78,8
Ohrožení	250	118

Pro výpočet budou použity hydrologická data získané z hlásného profilu Rožnov pod Radhoštěm čerpány z Hydrologických poměrů ČSSR [11]. Aktuální hydrologické poměry nebudou použity z důvodu absence Q_{20} , který slouží jako návrhový průtok.

Tab. 3.2 - Hydrologická data pro Rožnovskou Bečvu, profil Rožnov pod R. [11]

Q_m – m-denní průtoky [m³.s⁻¹]						Q_N – N-leté průtoky [m³.s⁻¹]				
30	90	180	270	355	364	1	5	10	20	50
8,03	2,94	1,3	0,66	0,21	0,1	57	132	167	199	244

Tab. 3.3 – Aktuální hydrologická data, hlásný profil Rožnov pod Radhoštěm [10]

Q_N – N-leté průtoky [m³.s⁻¹]				
1	5	10	50	100
42,8	99,1	134	241	301

3.8 Údaje o průmyslu

Na území města Zubří se nachází několik firem z různých průmyslových odvětví. Největší firmou jsou místní gumárny, které byly kvůli velkým obavám z hrozby znečištění ovzduší v soudním řízení. Soud a povolané osoby pro vyhodnocení vlivu na životní prostředí rozhodly, že ovzduší není nijak ovlivněno a nedochází k jeho znečištění.

3.9 Životní prostředí

Zaměření a rozsah ochrany přírody v ČR vymezuje zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. Na území povodí Moravy jsou čtyři chráněné oblasti určené tímto zákonem. Jedná se o CHKO Litovelské Pomoraví, které se nachází celou plochou na

území povodí Moravy. Dalšími CHKO jsou Bílé Karpaty, Beskydy a Jeseníky, které se na území povodí rozprostírají jen částečně [4].

V řešené lokalitě se v blízkosti nachází CHKO Beskydy, které ale do zájmového území nezasahuje viz obr. 3.10.



Obr. 3.10 – Mapa s vyznačením oblasti CHKO [6]

4. POPIS ŘEŠENÉHO ÚSEKU

Zájmová lokalita se nachází na toku Rožnovské Bečvy, která je jedním ze dvou přítoků řeky Bečvy. Řešený úsek vybrané části toku začíná v blízkosti města Zubří a dále pokračuje na území města. Nachází se na říčním kilometru 9,640 až 11,264. Rožnovská Bečva je velice šterkonosným tokem, často dochází k poničení objektů nacházejících se v korytě a její úprava je velmi složitá.



Obr. 4.1 – Mapa s vyznačením hranice území města Zubří v řešené oblasti [6]



Obr. 4.2 -Rožnovská Bečva v zimním období (autor Ing. L. Smelík)

Složení dna koryta řeky je velmi štěrkovité až kamenité. Při povodních dosahuje voda vysokých rychlostí a unáší kameny, které způsobují poškození objektů na toku.



Obr. 4.3 – Detail složení dna koryta řeky (autor Ing. L. Smelík)



Obr. 4.4 – Stávající vegetační doprovod (autor Ing. L. Smelík)

Balvanitý skluz (obr. 4.5) nacházející se na říčním kilometru 10,865 byl poničen častým průchodem povodňových stavů, během kterých došlo k odplavení balvanů po toku a jeho současný stav je nevyhovující, proto byla navržnuta rekonstrukce.



Obr. 4.5 – Současný stav rekonstruovaného balvanitého skluzu, km 10,865
(autor Ing. L. Smelík)



Obr. 4.6 – Oblast pod balvanitým skluzem (autor Ing. L. Smelík)



Obr. 4.7 – Levostranný přítok – Maretkový potok
(autor Ing. L. Smelík)

Na říčním kilometru 10,608 se nachází balvanitý skluz, který je poškozen, ale jeho současný stav (obr. 4.7) není natolik nevyhovující, aby byla nutná okamžitá rekonstrukce. V rámci práce proto byl proveden pouze návrh parametrů skluzu. Případná rekonstrukce skluzu by byla stavebně řešena stejně jako u balvanitého skluzu na říčním kilometru 10,865 pouze s jinými vypočtenými parametry.



Obr. 4.8 – Současný stav balvanitého skluzu km 10,608
(autor Ing. L. Smelík)

5. HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

Výpočet bude proveden pomocí programu HEC-RAS 4.1.0 (Hydraulic Engineering Center – River Analysis System) vytvořeného U.S. Army Corps of Engineers (USACE), který patří pod Ministerstvo obrany U.S.A (U.S. Department of Defense). Software v současné době řeší 1D a 2D proudění v otevřených korytech. Do modelu je možno vkládat mosty, propustky, jezy, spádové stupně, přítoky řek a jiné. Princip výpočtů programu je založen na metodě po úsecích. Další možností programu je modelování transportu splavenin, teploty a kvality vody.

5.1 Proudění v korytech

Nejčastěji používaným modelem je v současnosti 1D model, ze kterého obvykle získáme výsledky s konstantní průřezovou rychlostí a konstantní polohou hladiny v celém průtočném profilu. V jednorozměrném modelu lze zjistit informace o rozdělení rychlostí v průtočném profilu a k tomu související polohy hladiny v jednotlivých místech podélného profilu. Získané informace jsou často jen orientační a pro přesnější stanovení je nutné použít vícerozměrný model. Pomocí 2D modelu získáme data o plošném rozdělení rychlostí a hloubek v celém území. V 3D modelu je možné získat detaily proudění, např. vývar. Vzhledem k charakteru 1D modelu jsou 2D a 3D modely mnohem náročnější na vstupní data, výpočet a dobu zpracování [12].

5.1.1 Ustálené proudění

V průběhu ustáleného proudění jsou rychlost, průtok, průřezová plocha atd. v čase neměnné a závisí pouze na poloze. Ustálené proudění se dále dělí:

- rovnoměrné,
- nerovnoměrné.

Proudění ustálené rovnoměrné se v přírodě téměř nevyskytuje. Lze ho nalézt v uměle vybudovaných kanálech s neproměnným korytem. Během proudění zůstává konstantní průtok, průřezová plocha, rychlost a hloubka.

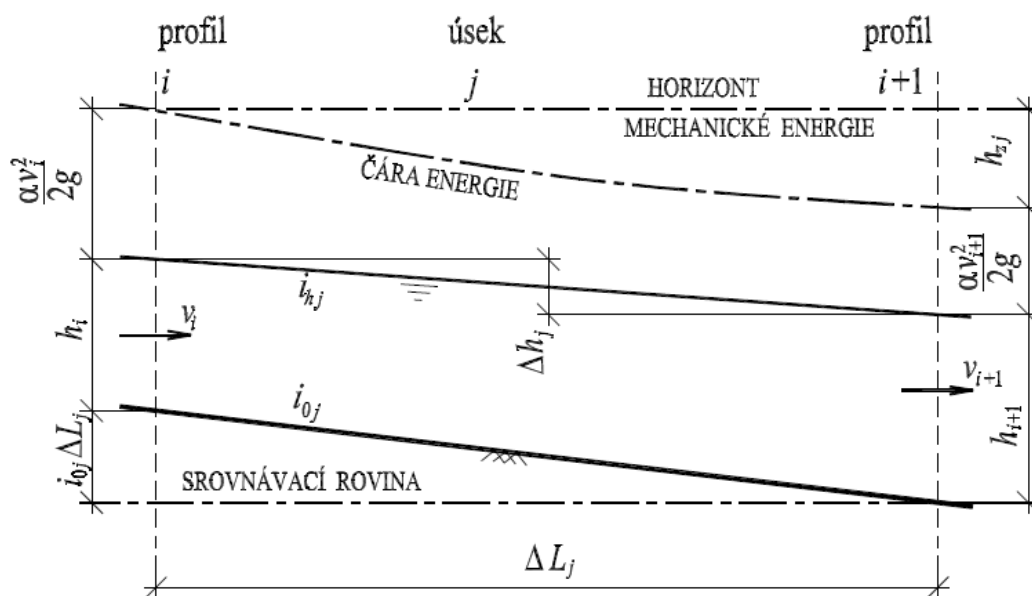
Ustálené nerovnoměrné proudění se vyjadřuje neměnným průtokem v čase, mění se průtočný průřez a sklon po délce toku. Nerovnoměrné proudění se řeší metodou po úsecích viz kapitola 5.1.3 [13].

5.1.2 Neustálené proudění

Při neustáleném proudění je průtok, rychlost a průřezová plocha proměnná v čase a poloze.

5.1.3 Metoda po úsecích

Metodu po úsecích využívá pro výpočet nerovnoměrného ustáleného proudění i program HEC – RAS. V prvním kroku se řešený úsek koryta rozdělí na úseky, které jsou od sebe odděleny jednotlivými průtočnými profily. Pro úsek j , který je mezi profilem i a $i+1$ lze použít Bernoulliho rovnici viz obrázek 5.1.



Obř. 5.1 – Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění [12]

Bernoulliho rovnice pro úsek:

$$i_{0j}\Delta L_j + h_i + \frac{\alpha v_i^2}{2g} = h_{i+1} + \frac{\alpha v_{i+1}^2}{2g} + h_{zj}, \quad (5.1.)$$

i_{0j} ...průměrný podélný sklon koryta daného úseku [-],

ΔL_j ... délka úseku [m],

α ... Coriolisovo číslo [-],

h_i, h_{i+1} ... hloubka vody v daném profilu [m],

v_i, v_{i+1} ... průtočná rychlost v daném profilu [m.s⁻¹],

h_{zj} ... celková ztráta energie v daném úseku [m].

$$h_{zj} = h_{tj} + h_{mj}, \quad (5.2.)$$

h_{mj} ... místní ztráty [m],

h_{tj} ... ztráty třením po délce [m].

$$h_{mj} = \xi \left| \frac{\alpha v_{i+1}^2 - \alpha v_i^2}{2g} \right|, \quad (5.3.)$$

ξ ... součinitel místní ztráty.

$$h_{tj} = i_{pj} \Delta L_j, \quad (5.4.)$$

i_{pj} ... průměrný sklon čáry energie [-],

Výpočet i_{pj} může být proveden několika způsoby, jako nejvhodnější způsob výpočtu se jeví výpočet dle vztahů (5.5.), ze kterého je možno získat téměř stejné výsledky i u extrémních poměrů.

$$i_{pj} = \frac{Q^2}{S_{pj}^2 C_{pj}^2 R_{pj}}, \quad (5.5.)$$

Q ... Průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

S_{pj} ... průměrná hodnota průtočné plochy mezi profily [m^2],

$$S_{pj} = \frac{S_i + S_{i+1}}{2}, \quad (5.6.)$$

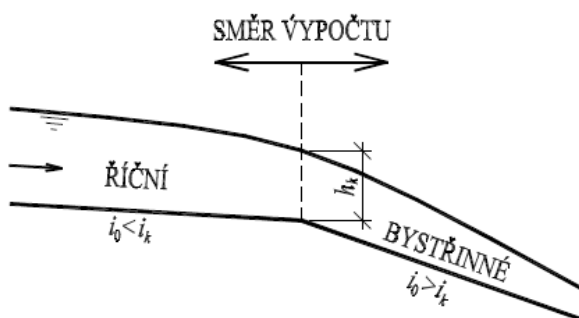
C_{pj} ... průměrná hodnota Chézyho rychlostního součinitele mezi profily [$\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}$],

$$C_{pj} = \frac{C_i + C_{i+1}}{2}, \quad (5.7.)$$

R_{pj} ... průměrná hodnota hydraulického poloměru mezi profily [m],

$$R_{pj} = \frac{R_i + R_{i+1}}{2}. \quad (5.8.)$$

Výpočet je prováděn od profilu, ve kterém je známá hloubka vody (okrajová podmínka). Postup výpočtu je odlišný podle režimu proudění viz obrázek 5.2. Pokud nastane říční proudění, výpočet vychází ze zadané hloubky v dolním profilu směrem proti proudu. Při bystrinném proudění výpočet postupuje ze zadané hloubky v horním profilu směrem po proudu [12].



Obr. 5.2 – Postup výpočtu [12]

5.2 Vstupní data pro model v HEC-RAS

5.2.1 Geometrická data

Řešený úsek má délku 1624 m a nachází se mezi říčním kilometrem 9,640 a 11,264. Úsek je popsán 35 příčnými profily, které byly vytvořeny na základě geodetického zaměření toku, které bylo součástí podkladů.

Drsnost koryta

Součinitel drsnosti svahů koryta $n=0,06$ byl stanoven na základě znalosti terénu v řešené lokalitě a katalogu drsností koryta. Průměr efektivního zrna $d_e=60$ mm byl poskytnut s hydrologickými podklady. Součinitel drsnosti dna $n=0,03$ byl vypočten pomocí vztahu dle Stricklera viz 5.9.

$$n = \frac{d_e^{1/6}}{21.1} \quad (5.9.)$$

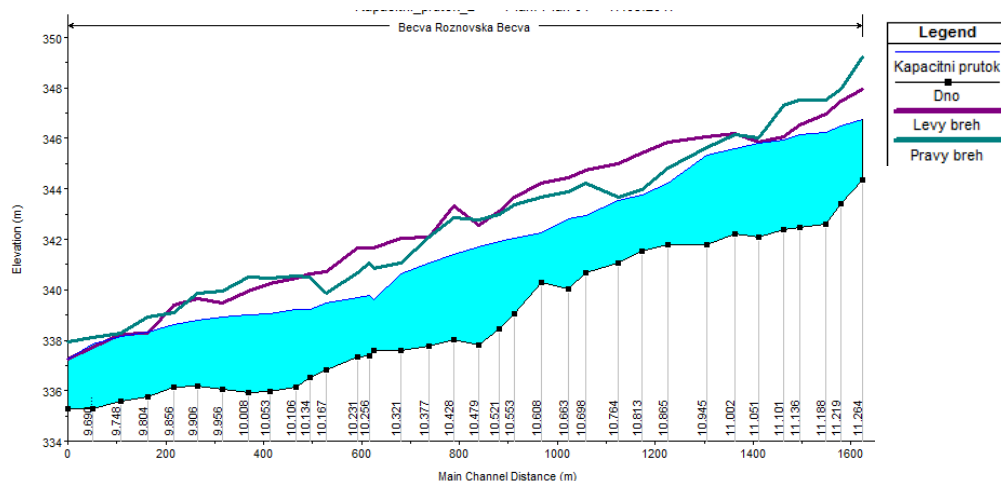
5.2.2 Okrajové podmínky

V řešeném úseku toku je říční proudění a z tohoto důvodu je výpočet průběhu hladin proveden proti proudu a vychází z dolního profilu v ř. km 9,640. Dolní okrajová podmínka pro výpočet průběhu hladin vychází z výpočtu výšky hladiny v dolním profilu na základě známé geometrie profilu a známého podélného sklonu.

Pro horní okrajovou podmínku byly použity hodnoty N-letých průtoků dle Tab. 3.2.

5.3 Kapacita koryta

Výpočet kapacity koryta byl proveden pomocí programu HEC-RAS 4.1.0. Do programu bylo vloženo 35 příčných profilů (12.2 Výpočty – B1). Kapacitní průtok je $Q=205 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, průtok odpovídá přibližně dvacetiletému průtoku. Kapacita koryta je dostačující a dále je výpočet prováděn na $Q_{20}=199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Nejméně kapacitní profily se nachází na začátku řešeného území z důvodu absence příčných profilů před začátkem zájmového úseku.



Obr. 5.3 – podélný profil toku z programu HEC-RAS

5.4 Návrh úpravy koryta

V blízkosti navržené rekonstrukce balvanitého skluzu bylo nutné provést úpravu koryta od říčního kilometru 10,553 do kilometru 11,195 v délce 642,8 m (12.1 – Výkresy – A2).

Byl proveden návrh příčného profilu s následujícími parametry. Šířka koryta ve dně je 28 metrů, sklon svahů byl stanoven 1:2 na základě původního sklonu, který se v korytě nacházel, než bylo poškozeno. Svahy byly opevněny do výšky 1,7 metru. Opevnění bylo provedeno jako rovinanina z lomového kamene ve sklonu 1:1,5, váha kamene 200-500 kg. V patě svahu dochází k výmolu, proto byla navržena kamenná patka z lomového kamene ve výšce 0,5 metru a šířce 1,0 m. Sklon dna byl upraven na 5‰.

Výpočet měrné křivky koryta pro navržený profil byl upraven do tabulky (12.2 Výpočty – B2). Součástí přílohy je graf měrné křivky a graf rychlosti.

Vstupní parametry výpočtu:

Šířka koryta	$b = 28,0 \text{ m}$
Sklon svahů	$m = 2$
Drsnost svahů	$n_s = 0,06$
Drsnost dna	$n_d = 0,03$
Efektivní zrno	$d_e = 0,06 \text{ m}$
Podélný sklon	$i = 5\text{‰}$
Návrhový průtok	$Q_{20} = 199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Z výpočtu měrné křivky byla vypočtena hloubka vody pro návrhový průtok $h = 2,17 \text{ m}$.

Posouzení stability bylo popsáno v rámci Přílohy 12.2 – Výpočty – B3. Posouzení pro dno bylo provedeno na průtok $Q_1 = 57 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, pro patu svahu na průtok $Q_5 = 132 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a pro svah na průtok $Q_{20} = 199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dno koryta je stabilní, pata svahu je nestabilní a dochází k výmolu o výšce 0,43 m. Z výpočtu posouzení stability svahu vyplývá nutné opevnění svahu do výšky 1,7 m.

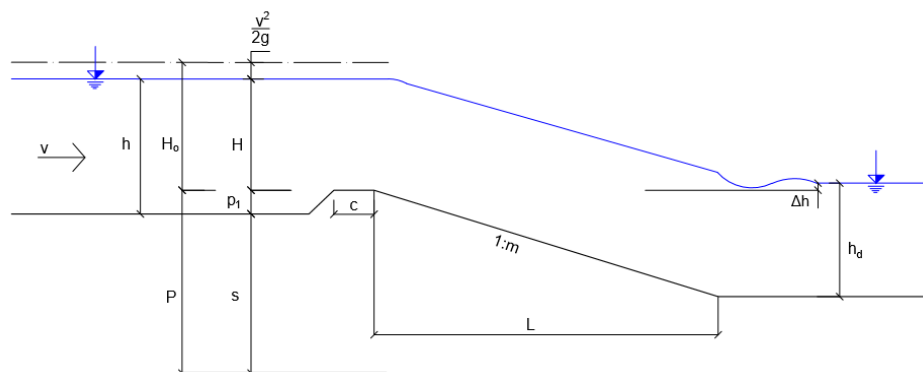
V rámci řešení úpravy koryta bylo provedeno odtěžení nánosů a urovnání dna na říčním kilometru 10,256 až 10,553. V úseku byly velké nánosy naplaveného materiálu, které snižují kapacitu koryta. Dno bylo urovnáno do sklonu 5,3‰.

Další odtěžení nánosů a urovnání dna se nachází na říčním kilometru 9,906 až 10,139 a 9,640 až 9,881. Zde bylo provedeno pouze lokální odtěžení v místě nánosů (12.1 – Výkresy – A1).

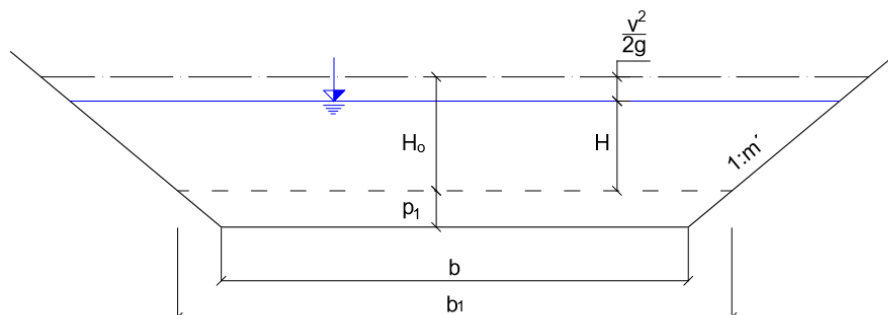
5.5 Výpočet návrhových parametrů balvanitého skluzu, ř.km 10,865

Výpočet byl proveden dle podkladu Balvanité skluzy [3] a znalosti obecné hydrauliky. Součinitele použité ve výpočtu se nachází v tabulkách v rámci zmíněného podkladu.

5.5.1 Výpočtové schéma



Obr. 5.4 – výpočtové schéma



Obr. 5.5 – výpočtové schéma, řez

5.5.2 Výpočet drsnosti

Drsnost dna

$$d_e = 60 \text{ mm}$$

Dle Stricklera:

$$n = \frac{d_e^{1/6}}{21,1} = \frac{0,06^{1/6}}{21,1} = 0,0297 = 0,03$$

Drsnost svahů

$$n = 0,06$$

Drsnost svahů byla určena na základě znalosti terénu v řešené lokalitě a katalogu drsností koryta.

5.5.3 Základní parametry

V km 10,865 byl proveden návrh nového balvanitého skluzu. Základní parametry balvanitého skluzu jsou:

Výška skluzu:	$P = 0,7 \text{ m}$
Délka skluzu:	$L = 7,02 \text{ m}$
Sklon skluzové plochy:	$m = 1:10$
Šířka přelivné hrany:	$b_1 = 29,6 \text{ m}$
Hloubka horní vody při Q_{20} :	$h_h = 2,17 \text{ m}$
Hloubka dolní vody při Q_{20} :	$h_d = 2,17 \text{ m}$
Sklon břehů:	$m' = 1:2$

Výpočet přepadového množství přes balvanitý skluz

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = \sigma \cdot A \cdot K \cdot M \cdot b_1 \cdot H_0^{3/2} + \sigma' \cdot \frac{4}{5} \cdot M' \cdot m' \cdot H_0^{5/2}$$

$\sigma, \sigma' = 1 \dots$ součinitel zatopení

$M = 1,75 \dots$ součinitel přepadu nad vodorovnou částí přepadu

$M' = 1,68 \dots$ součinitel přepadu nad skloněnými bočními plochami

$K = 1 \dots$ součinitel bočního zúžení pro lichoběžník

$A = 1 \dots$ součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu vzhledem k toku

Ověření kapacity přelivu:

$$H_0 = h + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} = 2,17 + \frac{1,1 \cdot 2,84^2}{2 \cdot 9,81} = 2,22 \text{ m}$$

$$Q = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,75 \cdot 29,6 \cdot 2,22^{\frac{3}{2}} + 1 \cdot \frac{4}{5} \cdot 1,68 \cdot 2 \cdot 2,22^{5/2} = 200,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q = 181,23 + 19,75 = 200,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Z ověření kapacity přelivu vyplývá, že balvanitý skluz je navržen s dostatečnou kapacitou a bezpečně převede návrhový průtok $Q_{20}=199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

5.5.4 Návrhové parametry skluzu

Šířka přelivné hrany:	$b = 29,6 \text{ m}$
Výška skluzu:	$P = 0,7 \text{ m}$
Součinitel vlivu sklonu na stabilitu kamene:	$C_s = 0,885$
Rychlostní součinitel balvanitého skluzu:	$\varphi = 0,9$
Velikost kamene:	$D = 1,5 \text{ m}$
Hmotnost kamene:	$m = 1220 \text{ kg}$
Specifický průtok:	$q = 6,12 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Rychlostní proudění na skluzové ploše:	$v_1 = 5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Energetická výška

$$q = \frac{Q_1}{b_1} = \frac{181,23}{29,6} = 6,12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 6,12^2}{9,81}} = 1,61 \text{ m}$$

$$E = P + H_0 = 0,7 + 2,22 = 2,92 \text{ m}$$

První vzájemná hloubka vodního skoku h_1 se určuje iteračně a následně se vypočítá rychlost proudění.

$$h_1 = \frac{q}{\varphi \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_1)}}$$

$$h_1^0 = 0$$

$$h_1^1 = \frac{q}{\varphi \cdot \sqrt{2g \cdot E}} = \frac{6,12}{0,9 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2,92}} = 0,899 \text{ m}$$

$$h_1^2 = \frac{q}{\varphi \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_1^1)}} = \frac{6,12}{0,9 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (2,92 - 0,899)}} = 1,08 \text{ m}$$

$$h_1^6 = 1,1556 \text{ m}$$

$$h_1 = 1,16 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} = \frac{6,12}{1,16} = 5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Stanovení vymílací rychlosti

$$v_{vs} = 6,8 \cdot D^{1/3} \cdot h_1^{1/6} \cdot C_s^{1/2} = 6,8 \cdot 1,5^{1/3} \cdot 1,16^{1/6} \cdot 0,885^{1/2} = 7,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{vs} > v_1$$

$$7,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} > 5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pro navrženou velikost kamene $D = 1,5$ a hmotnost $m = 1220 \text{ kg}$, je vymílací rychlost $v_{vs} = 7,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vyšší než rychlost proudění na skluzové ploše $v_1 = 5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Podmínka odolnosti proti porušení balvanitého skluzu vymíláním je splněna.

Stanovení velikosti výmolu v patě skluzu

Hloubka výmolu:

$$h_{vmax} = \frac{w \cdot z^{1/2} \cdot q^{3/5}}{d_{90}^{2/5}}$$

$$d_{90} = 109 \text{ mm}$$

$$z = E - h_d = 2,92 - 2,17 = 0,75 \text{ m}$$

$$h_{vmax} = \frac{0,45 \cdot 0,75^{1/2} \cdot 6,12^{3/5}}{109^{2/5}} = 0,18 \text{ m}$$

Délka výmolu:

Celková délka výmolu

$$L_{vmax} = 23 \cdot h_{vmax} = 23 \cdot 0,18 = 4,07 \text{ m}$$

Vzdálenost nejhlubšího místa výmolu od paty svahu

$$L'_{vmax} = 7,5 \cdot h_{vmax} = 23 \cdot 0,18 = 1,33 \text{ m}$$

Předpokládaná délka výmolu, který se bude vytvářet za balvanitým skluzem, je 4,07 m. Maximální hloubka výmolu 0,18 m bude pravděpodobně ve vzdálenosti 1,33 m od paty svahu.

5.6 Výpočet návrhových parametrů balvanitého skluzu, ř.km 10,608

5.6.1 Základní parametry

V km 10,865 byl proveden návrh nového balvanitého skluzu. Základní parametry balvanitého skluzu jsou:

Výška skluzu:	$P = 1,42 \text{ m}$
Délka skluzu:	$L = 14,2 \text{ m}$
Sklon skluzové plochy:	$m = 1:10$
Šířka přelivné hrany:	$b_1 = 29,6 \text{ m}$
Hloubka horní vody při Q_{20} :	$h_h = 2,17 \text{ m}$
Hloubka dolní vody při Q_{20} :	$h_d = 2,17 \text{ m}$
Sklon břehů:	$m' = 1:2$

Výpočet přepadového množství přes balvanitý skluz ř.km 10,865

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = \sigma \cdot A \cdot K \cdot M \cdot b_1 \cdot H_0^{3/2} + \sigma' \cdot \frac{4}{5} \cdot M' \cdot m' \cdot H_0^{5/2}$$

$\sigma, \sigma' = 1 \dots$ součinitel zatopení

$M = 1,75 \dots$ součinitel přepadu nad vodorovnou částí přepadu

$M' = 1,68 \dots$ součinitel přepadu nad skloněnými bočními plochami

$K = 1 \dots$ součinitel bočního zúžení pro lichoběžník

$A = 1 \dots$ součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu vzhledem k toku

Ověření kapacity přelivu:

$$H_0 = h + \frac{\alpha \cdot v^2}{2g} = 2,17 + \frac{1,1 \cdot 2,84^2}{2 \cdot 9,81} = 2,22 \text{ m}$$

$$Q = 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,75 \cdot 29,6 \cdot 2,22^{\frac{3}{2}} + 1 \cdot \frac{4}{5} \cdot 1,68 \cdot 2 \cdot 2,22^{5/2} = 200,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q = 181,23 + 19,75 = 200,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Z ověření kapacity přelivu vyplývá, že balvanitý skluz je navržen s dostatečnou kapacitou a bezpečně převede návrhový průtok $Q_{20}=199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

5.6.2 Návrhové parametry skluzu

Šířka přelivné hrany:	$b = 29,6 \text{ m}$
Výška skluzu:	$P = 1,42 \text{ m}$
Součinitel vlivu sklonu na stabilitu kamene:	$C_s = 0,885$
Rychlostní součinitel balvanitého skluzu:	$\varphi = 0,9$
Velikost kamene:	$D = 1,5 \text{ m}$
Hmotnost kamene:	$m = 1220 \text{ kg}$
Specifický průtok:	$q = 6,12 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Rychlostní proudění na skluzové ploše:	$v_1 = 5,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Energetická výška

$$q = \frac{Q_1}{b_1} = \frac{181,23}{29,6} = 6,12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha \cdot q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \cdot 6,12^2}{9,81}} = 1,61 \text{ m}$$

$$E = P + H_0 = 1,42 + 2,22 = 3,64 \text{ m}$$

První vzájemná hloubka vodního skoku h_1 se určuje iteračně a následně se vypočítá rychlost proudění.

$$h_1 = \frac{q}{\varphi \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_1)}}$$

$$h_1^0 = 0$$

$$h_1^1 = \frac{q}{\varphi \cdot \sqrt{2g \cdot E}} = \frac{6,12}{0,9 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3,64}} = 0,805 \text{ m}$$

$$h_1^2 = \frac{q}{\varphi \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_1^1)}} = \frac{6,12}{0,9 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (3,64 - 0,805)}} = 0,912 \text{ m}$$

$$h_1^6 = 0,9334 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,96 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{q}{h_1} = \frac{6,12}{0,93} = 6,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Stanovení vymílací rychlosti

$$v_{vs} = 6,8 \cdot D^{\frac{1}{3}} \cdot h_1^{\frac{1}{6}} \cdot C_s^{\frac{1}{2}} = 6,8 \cdot 1,5^{\frac{1}{3}} \cdot 0,93^{\frac{1}{6}} \cdot 0,885^{\frac{1}{2}} = 7,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v_{vs} > v_1$$

$$7,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} > 6,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Pro navrženou velikost kamene $D = 1,5$ a hmotnost $m = 1220 \text{ kg}$, je vymílací rychlost $v_{vs} = 7,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vyšší než rychlost proudění na skluzové ploše $v_1 = 6,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Podmínka odolnosti proti porušení balvanitého skluzu vymíláním je splněna.

Stanovení velikosti výmolu v patě skluzu

Hloubka výmolu:

$$h_{vmax} = \frac{w \cdot z^{1/2} \cdot q^{3/5}}{d_{90}^{2/5}}$$

$$d_{90} = 109 \text{ mm}$$

$$z = E - h_d = 3,64 - 2,17 = 1,47 \text{ m}$$

$$h_{vmax} = \frac{0,45 \cdot 1,47^{1/2} \cdot 6,12^{3/5}}{109^{2/5}} = 0,25 \text{ m}$$

Délka výmolu:

Celková délka výmolu

$$L_{vmax} = 23 \cdot h_{vmax} = 23 \cdot 0,25 = 5,7 \text{ m}$$

Vzdálenost nejhlubšího místa výmolu od paty svahu

$$L'_{vmax} = 7,5 \cdot h_{vmax} = 23 \cdot 0,25 = 1,86 \text{ m}$$

Předpokládaná délka výmolu, který se bude vytvářet za balvanitým skluzem, je 5,7 m. Maximální hloubka výmolu 0,25 m bude pravděpodobně ve vzdálenosti 1,86 m od paty svahu.

5.7 Průběh hladiny pro navržený stav

Při řešení rekonstrukce balvanitého skluzu na říčním kilometru 10,865 byla navržena úprava koryta o délce 642,8 metru. Upravený úsek se nachází v rozmezí říčního kilometru 11,195 až 10,553. V rámci úprav bylo provedeno urovnání dna do sklonu 5‰, úprava svahů ve sklonu 1:2 a úprava šířky dna na 28,0 metru. Úprava koryta byla provedena dle navrženého vzorového příčného řezu (12.1 – Výkresy – B5), výpočet měrné křivky koryta a výpočet rychlosti je uveden v Příloze 12.2 – Výpočty – B2, v Příloze 12.2–Výpočty-B3 je proveden výpočet stability navrženého koryta.

Všechny nově navržené úpravy byly zadány do programu HEC-RAS 4.1.0., byl proveden výpočet pro zjištění kapacity nového koryta a průběhu hladin. Do programu byly vloženy dva balvanité skluzy a veškeré úpravy koryta. Celkem bylo vloženo 42 příčných profilů. Kapacita nově navrženého koryta s řešenou úpravou a balvanitými skluzy bezpečně převede bez vybřežení návrhový průtok $Q_{20} = 199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výsledek průběhu hladin je zanesen do tabulky (12.2 – Výpočty – B4).

6. POPIS KONSTRUKCE BALVANITÉHO SKLUZU

Konstrukce balvanitého skluzu byla zvolena v souladu se stávajícím stavem Rožnovské Bečvy a původního skluzu.

6.1 Koruna přelivu

Navržená koruna přelivu byla provedena jako patka z balvanů a prolita vodostavebním betonem třídy C 30/37, XF4. Uložení balvanů o průměru 1,5 m bylo provedenou metodou uložení na štět (12.1 – Výkresy – A3).

6.2 Skluzová konstrukce

Balvany tvořící skluzovou konstrukci byly uloženy na štět, mezery mezi balvany byly vyklínovány kameny menších frakcí. Rozměr použitých balvanů je 1,5 m a vychází z doporučení dle literatury Balvanité skluzy [3] (Tab.7,8). Balvany použité pro výstavbu byly získané z původního skluzu a okolí. Sklon skluzové plochy byl upraven v poměru 1:10. Břehy balvanitého skluzu mají sklon 1:2. Terénní úpravy byly provedeny pomocí získaného materiálu v rámci úpravy. Po napojení na původní terén bylo provedeno ohumusování a osetí travní směsí.

6.3 Dno pod balvanitým skluzem

Napojení skluzu do nově navrženého koryta bylo plynulé s navazujícím opevněním provedené uložení balvanů na štět do délky 2,5 m.

6.4 Podloží skluzu

Složení podloží pod stávajícím skluzem nebylo zjištěno, a proto byl pod balvanitý skluz navržen filtr. Filtr zabraňuje filtračním deformacím v podzákladí skluzu. Stávající skluz byl rozebrán a dno odtěženo. Na očištěné základové spáře byla navržena vyrovnávací vrstva stěrku frakce 2–63 mm při minimální tloušťce 0,3 m. Další vrstva byla složena z kameniva velikosti 63–400 mm o tloušťce v rozmezí 0,2–0,5 m. Na této vrstvě byly uloženy balvany na štět s vyklínováním pomocí menší frakcí kameniva (12.1–Výkresy–A3).

7. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce byl návrh rekonstrukce skluzu a součástí práce byly dílčí úkoly, které se zaměřily na popis současného stavu koryta Rožnovské Bečvy, objektů na toku a zjištění kapacity koryta toku.

Práce byla rozdělena do 6 kapitol. Úvodní kapitola (kap.2) se zabývala všeobecným popisem řešené problematiky. V další kapitole (kap.3) bylo popsáno přilehlé území, konkrétní popis řešené lokality byl popsán v kapitole 4. Hydrotechnické výpočty (kap.5) byly zaměřeny na výpočet současné kapacity koryta, který byl proveden programem HEC-RAS, výpočet měrné křivky, výpočet stability a výpočet návrhových parametrů řešených skluzů v říčním kilometru 10,608 a 10,865. Navržené úprava toku a balvanité skluzu byly vloženy do programu HEC-RAS a bylo provedeno ověření nově navrženého stavu. Poslední kapitola byla věnována popisu konstrukce rekonstruovaného balvanitého skluzu na říčním kilometru 10,865.

Výpočet návrhu rekonstrukce balvanitého skluzu byl proveden pro dva skluzu, první na v kilometru 10,608 a druhý skluz se nachází v kilometru 10,865. Pro první skluz nebyla uvažována rekonstrukce v nejbližší době. Skluz jeví známky velkého poškození, ale okamžitá rekonstrukce není nutná, proto byl proveden pouze výpočet návrhových parametrů. Pro druhý skluz byla navržena kompletní rekonstrukce včetně návrhu parametrů a výkresové části. V rámci rekonstrukce skluzu byla provedena úprava koryta řeky a odtěžení nánosů s urovnáním dna. Všechny tyto úpravy byly vloženy do programu HEC-RAS (12.2 – Výpočty – B4). Nově navržené úpravy nesnižují kapacitu toku a nezhoršují stávající odtokové poměry.

V řešeném úseku mezi říčním kilometrem 10,231 a 10,842 se nachází čistírna odpadních vod, které by měla být chráněna na průtok vody Q_{100} . Protipovodňové opatření bude řešeno individuálně s čistírnou odpadních vod.

Navržený balvanitý skluz má malé převýšení dna, může se jevit jako vhodnější variantou využití spádového stupně, toto řešení není z ekologického a estetického hlediska pro Rožnovskou Bečvu vhodné. Rekonstrukce balvanitého skluzu není pro krajinu a tok tak velkým zásahem jako spádový stupeň. Vhodně provedená stavba dobře zapadne do prostředí a umožní bezproblémovou migraci vodních živočichů.

V Brně 26.5.2017

.....
Zahradníková Lenka

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] RAPLÍK, Milan., Pavel VÝBORA a Karel MAREŠ. *Úprava tokov.* Bratislava: Alfa, 1989. ISBN 80-050-0128-2.
- [2] ŘÍHA A KOL., Jaromír, Miloslav ŘÍHA a Hana UHMANNOVÁ. *Vybrané stati z hydrotechniky: Úpravy toků a objekty na vodních tocích.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2007. Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně.
- [3] ZÁSTĚRA A KOLEKTIV, Ing. Zdeněk. *Balvanité skluz.* Brno: Hydroprojekt Brno, 1984.
- [4] Plán oblasti povodí Moravy. *Povodí Moravy* [online]. 2009 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/pop/2009/Morava/End/a-popis/a-1.html>
- [5] *HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohodpodářský T. G. Masaryka, 2012 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: [http://heis.vuv.cz/data/spusteni/pgstart.asp?pg=HTML_HEIS\\$ZVM50LN\\$stazeni&pgload=1&ico=icoopenid1.png&nadpis1=Z%20E1kladn%ED%20vodohospod%20E1%F8sk%E1%20mapa%20C8R%201:50%20000:%20mapov%E9%20listy%20\(archiv,%201986%20-%201999\)&nadpis2=Informa%E8n%ED%20str%E1nky%20a%20data%20ke%20sta%209Een%ED&pagenavig=%20DAvodn%ED%20str%E1nka%20%20%20%3EIndex:%20A0%A0mapa%20%3E%20Z%20E1kladn%ED%20vodohospod%20E1%F8sk%E1%20mapa%20C8R%201:50%20000:%20mapov%E9%20listy%20\(archiv,%201986%20-%201999\)%20%3E%20Informa%E8n%ED%20str%E1](http://heis.vuv.cz/data/spusteni/pgstart.asp?pg=HTML_HEIS$ZVM50LN$stazeni&pgload=1&ico=icoopenid1.png&nadpis1=Z%20E1kladn%ED%20vodohospod%20E1%F8sk%E1%20mapa%20C8R%201:50%20000:%20mapov%E9%20listy%20(archiv,%201986%20-%201999)&nadpis2=Informa%E8n%ED%20str%E1nky%20a%20data%20ke%20sta%209Een%ED&pagenavig=%20DAvodn%ED%20str%E1nka%20%20%20%3EIndex:%20A0%A0mapa%20%3E%20Z%20E1kladn%ED%20vodohospod%20E1%F8sk%E1%20mapa%20C8R%201:50%20000:%20mapov%E9%20listy%20(archiv,%201986%20-%201999)%20%3E%20Informa%E8n%ED%20str%E1)
- [6] Mapy.cz [online]. Seznam.cz [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [7] *Moravské Karpaty.cz* [online]. Ing. Robert Hruban, 2007 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://moravske-karpaty.php5.cz/priroda_soubory/hydrologie/becva_horni.htm
- [8] *Příroda Valašska* [online]. Český svaz ochránců přírody, 2017 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://www.priroda-valasska.cz/cz/4-priroda-valasska/41-zivocichove-mnohobunecni/126-geologie.html>
- [9] Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky. *Správa CHKO Beskydy* [online]. AOPK ČR, 2017 [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: <http://beskydy.ochranaprirody.cz/charakteristika-oblasti/pudni-pomery/>
- [10] *Evidenční list hlášeného profilu č.325* [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 2017-05-18]. Dostupné z: http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_prfbk_detail.php?seq=307351
- [11] *Hydrologické poměry Československé socialistické republiky.* Díl III. Praha: Hydrometeorologický ústav, 1970.
- [12] JANDORA, Jan a Hana UHMANNOVÁ. *Proudění v systémech říčních koryt.* Modul 01. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006.

[13] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika*. Modul 01. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006.

[14] KOLÁŘ, Václav, PATOČKA, Cyril, BÉM, Jiří: *Hydraulika*. SNTL/ALFA, 1983. (CS)

[15] MAREŠ K.: *Úpravy toků-navrhování koryt*, ČVUT, Praha. 1997.

9. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

9.1 Symboly

σ, σ'	[-]	součinitel zatopení
A	[-]	součinitel půdorysného uspořádání koruny přelivu
K	[-]	součinitel bočního zúžení přelivného otvoru ovlivněný tvarem pilířů
M	[-]	součinitel přepadu
ho, ho'	[m]	přepadová + rychlostní
v_1	[m.s ⁻¹]	rychlostní proudění v přítokové trati
M'	[m]	součinitel přepadu na skloněnými bočními plochami
m'	[-]	$\cotg \alpha$ (sklon svahů v šikmé části)
v_s	[m.s ⁻¹]	střední profilová rychlost na skluzu
v_{vs}	[m.s ⁻¹]	vymílací rychlost na skluzu dovolená pro daný kámen, hloubku a sklon
D	[m]	největší rozměr kamene
h	[m]	hloubka vody na skluzu v metrech v nejnamáhavějším profilu
C_s	[-]	součinitel vlivu sklonu na skluzu kamene
φ	[-]	úhel vnitřního tření balvanitého materiálu ve vodě
α	[-]	sklon skluzové plochy
d_5	[m]	průměr zrna odpovídající na čáře zrnitosti 5 % celkové hmotnosti
d_{17}	[m]	průměr zrna odpovídající na čáře zrnitosti 17 % celkové hmotnosti
C_u	[-]	číslo nestejnozrnitosti
P	[-]	pórovitost zeminy
i_{krit}	[-]	kritický hydraulický sklon
μ	[-]	součinitel bezpečnosti
k	[cm.s ⁻¹]	součinitel filtrace zeminy
g	[m.s ⁻²]	tíhové zrychlení
ϑ	[cm ² .s ⁻¹]	součinitel kinematické viskozity vody
i_{0j}	[-]	průměrný podélný sklon koryta daného úseku
ΔL_j	[m]	délka úseku

α	[-]	Coriolisovo číslo
h_i, h_{i+1}	[m]	hloubka vody v daném profilu
v_i, v_{i+1}	[m.s ⁻¹]	průměrná rychlost v daném profilu
h_{zj}	[m]	celková ztráta energie v daném úseku
h_{mj}	[m]	místní ztráty
h_{tj}	[m]	ztráty třením po délce
ξ	[-]	součinitel místní ztráty.
i_{pj}	[-]	průměrný sklon čáry energie
Q	[m ³ .s ⁻¹]	průtok
S_{pj}	[m ²]	průměrná hodnota průtočné plochy mezi profily
C_{pj}	[m ^{0.5} .s ⁻¹]	průměrná hodnota Chézyho rychlostního součinitele mezi profily
R_{pj}	[m]	průměrná hodnota hydraulického poloměru mezi profily
h_h	[m]	hloubka horní vody
h_d	[m]	hloubka dolní vody
q	[m ³ .s ⁻¹]	specifický průtok
E	[m]	energetická výška
h_{vmax}	[m]	hloubka výmolu
L_{vmax}	[m]	celková délka výmolu
L'_{vmax}	[m]	vzdálenost výmolu od paty svahu

9.2 Zkratky

1D	jednorozměrný
2D	dvourozměrný
č.	číslo
HEC-RAS	The Hydrologic Engineering Center's River Analysis System
Obr.	obrázek
Q_N	návrhový průtok
s.p.	státní podnik
Tab.	tabulka

10. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 2.1 - První varianta skluzu [2]	2
Obr. 2.2 – Druhá varianta skluzu [2].....	3
Obr. 2.3 – Třetí varianta skluzu [2].....	3
Obr. 2.4 – Schéma koryta [2]	5
Obr. 2.5 - Rozvinutá délka podzemního [3].....	6
Obr. 3.1 - Vodohospodářská mapa s vyznačeným zájmovým územím [5]	9
Obr. 3.2 - Letecká mapa zájmového úseku [6]	10
Obr. 3.3 - Mapa řešeného úseku [6].....	10
Obr. 3.4 - Oblast povodí Moravy [4]	11
Obr. 3.6 - Geologie povodí Moravy [4]	12
Obr. 3.7 - Hydrogeologické poměry povodí Moravy [4].....	13
Obr. 3.8 - Pedologické poměry povodí Moravy [4].....	14
Obr. 3.9 - Srážkový úhrn na území povodí Moravy [4].....	15
Obr. 3.10 – Mapa s vyznačením oblasti CHKO [6].....	17
Obr. 4.1 – Mapa s vyznačením hranice území města Zubří v řešené oblasti [6]	17
Obr. 4.2 -Rožnovská Bečva v zimním období (autor Ing. L. Smelík)	18
Obr. 4.3 – Detail složení dna koryta řeky (autor Ing. L. Smelík)	18
Obr. 4.4 – Stávající vegetační doprovod (autor Ing. L. Smelík).....	19
Obr. 4.5 – Současný stav rekonstruovaného balvanitého skluzu, km 10,865 (autor Ing. L. Smelík)	19
Obr. 4.6 – Oblast pod balvanitým skluzem (autor Ing. L. Smelík).....	20
Obr. 4.7 – Levostranný přítok – Maretkový potok (autor Ing. L. Smelík)	20
Obr. 4.8 – Současný stav balvanitého skluzu km 10,608 (autor Ing. L. Smelík).....	21
Obr. 5.1 – Schéma pro výpočet nerovnoměrného proudění [12].....	23
Obr. 5.2 – Postup výpočtu [12]	24
Obr. 5.3 – podélný profil toku z programu HEC-RAS	26
Obr. 5.4 – výpočtové schéma	27
Obr. 5.5 – výpočtové schéma, řez	27

11. SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 - Stupeň povodňové aktivity [10]	16
Tab. 3.2 - Hydrologická data pro Rožnovskou Bečvu, profil Rožnov pod R. [11] ...	16
Tab. 3.3 – Aktuální hydrologická data, hlásný profil Rožnov pod Radhoštěm [10] .	16

12. SEZNAM PŘÍLOH

12.1 Výkresy

A1. Situace toku	M 1:1000
A2. Podrobný podélný profil toku	M 1:1000/100
A3. Řezy skluzu A-A', B-B', C-C'	M 1:100
A4. Půdorys skluzu	M 1:100
A5. Vzorový příčný řez	M 1:100
A6. Pracovní řezy	M 1:250

12.2 Výpočty

- B1. Kapacitní průtok, výstup z programu HEC-RAS
- B2. Měrná křivka koryta
- B3. Výpočet stability
- B4. Výsledná tabulka z programu HEC-RAS

PŘÍLOHA B1. – Kapacitní průtok $Q = 105 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ vypočtený programem HEC-RAS

Výstupní tabulka:

Staničení	Kóta dna	Kóta hladiny vody	Kóta levého břehu	Kóta pravého břehu
	(m)	(m)	(m)	(m)
11.264	344.35	346.74	347.96	349.24
11.219	343.41	346.48	347.49	347.95
11.188	342.61	346.25	346.97	347.51
11.136	342.46	346.14	346.55	347.5
11.101	342.37	345.93	346.08	347.3
11.051	342.1	345.81	345.83	346.04
11.002	342.2	345.6	346.18	346.13
10.945	341.77	345.35	346.05	345.63
10.865	341.79	344.21	345.86	344.83
10.813	341.54	343.77	345.42	343.97
10.764	341.08	343.55	345	343.67
10.698	340.68	342.95	344.74	344.21
10.663	340.03	342.8	344.42	343.9
10.608	340.28	342.28	344.24	343.65
10.553	339.03	342.04	343.68	343.39
10.521	338.44	341.9	343.12	343
10.479	337.81	341.71	342.55	342.75
10.428	338.03	341.39	343.34	342.84
10.377	337.78	341.04	342.08	342.07
10.321	337.61	340.61	342.04	341.06
10.266	337.59	339.62	341.66	340.84
10.256	337.39	339.78	341.66	341.08
10.231	337.33	339.67	341.65	340.67
10.167	336.83	339.47	340.72	339.84
10.134	336.53	339.22	340.63	340.51
10.106	336.15	339.2	340.45	340.55
10.053	335.97	339.05	340.25	340.47
10.008	335.92	339	339.96	340.51
9.956	336.07	338.91	339.49	339.96
9.906	336.19	338.81	339.63	339.84
9.856	336.13	338.61	339.38	339.08
9.804	335.75	338.32	338.29	338.9
9.748	335.59	338.14	338.22	338.28
9.69	335.27	337.84	337.71	338.09
9.64	335.28	337.27	337.25	337.93

PŘÍLOHA B2. – Měrná křivka koryta

Vstupní parametry pro výpočet:

b	28	m
m	2	
n_s	0.06	m
n_d	0.03	m
d_e	0.06	m
D_{90}	0.109	m
i	0.005	

$Q_1=$	57	$m^3.s^{-1}$
$Q_5=$	164	$m^3.s^{-1}$
$Q_{20}=$	199	$m^3.s^{-1}$
$Q_{100}=$	340	$m^3.s^{-1}$

Vzorce pro výpočet:

$$v_v = C * \sqrt{0,047 * 1,65 * d_e}$$

$$n = \frac{b * n_d + 2 * n_s * \sqrt{(h + m)^2 + h^2}}{O}$$

$$R = \frac{A}{O}$$

$$C = \frac{1}{n} * R^{1/6}$$

$$v = C * \sqrt{R * I}$$

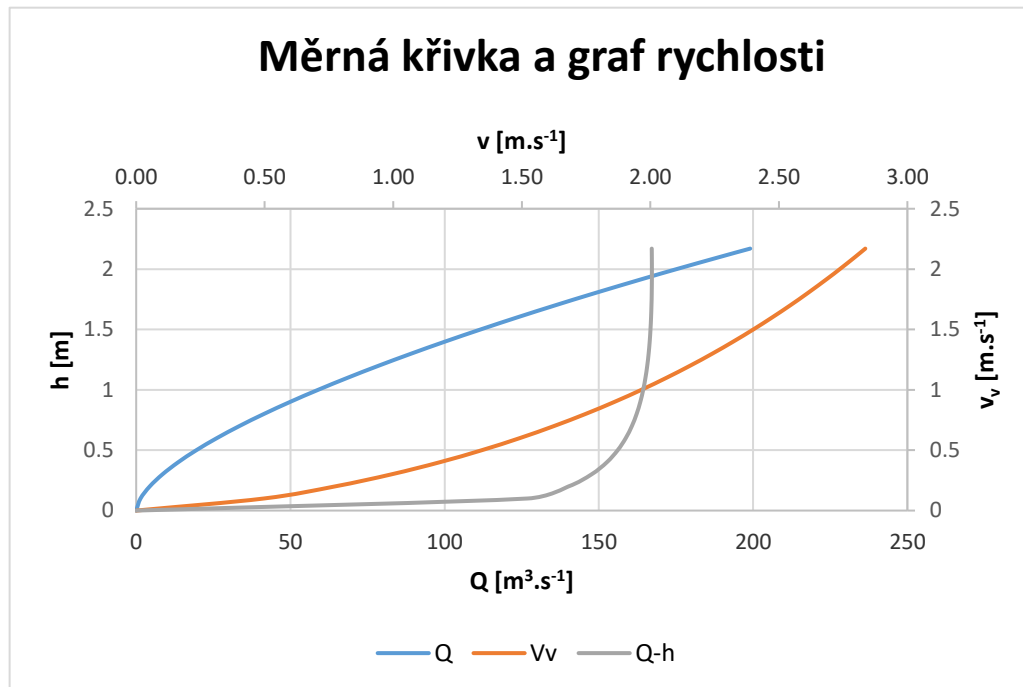
$$Q = v * A$$

Výstupní tabulka:

h (m)	O (m)	A (m ²)	R (m)	b _s (m)	n	C	v (m.s ⁻¹)	Q (m ³ .s ⁻¹)	v _v (m.s ⁻¹)
0.00	28.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	28.45	2.82	0.10	0.22	0.03	22.33	0.50	1.40	1.52
0.20	28.89	5.68	0.20	0.45	0.03	24.65	0.77	4.39	1.68
0.30	29.34	8.58	0.29	0.67	0.03	25.97	0.99	8.52	1.77
0.40	29.79	11.52	0.39	0.89	0.03	26.84	1.18	13.60	1.83
0.50	30.24	14.50	0.48	1.12	0.03	27.46	1.34	19.50	1.87
0.60	30.68	17.52	0.57	1.34	0.03	27.92	1.49	26.14	1.90
0.70	31.13	20.58	0.66	1.57	0.03	28.27	1.63	33.45	1.93
0.80	31.58	23.68	0.75	1.79	0.03	28.54	1.75	41.38	1.95
0.90	32.02	26.82	0.84	2.01	0.03	28.75	1.86	49.89	1.96
1.00	32.47	30.00	0.92	2.24	0.03	28.91	1.97	58.96	1.97
1.10	32.92	33.22	1.01	2.46	0.03	29.04	2.06	68.53	1.98
1.20	33.37	36.48	1.09	2.68	0.03	29.15	2.15	78.61	1.99
1.30	33.81	39.78	1.18	2.91	0.04	29.22	2.24	89.16	1.99
1.40	34.26	43.12	1.26	3.13	0.04	29.28	2.32	100.17	2.00
1.50	34.71	46.50	1.34	3.35	0.04	29.33	2.40	111.62	2.00
1.60	35.16	49.92	1.42	3.58	0.04	29.36	2.47	123.51	2.00
1.70	35.60	53.38	1.50	3.80	0.04	29.39	2.54	135.82	2.00
1.80	36.05	56.88	1.58	4.02	0.04	29.40	2.61	148.53	2.01
1.92	36.59	61.13	1.67	4.29	0.04	29.41	2.69	164.33	2.01
2.00	36.94	64.00	1.73	4.47	0.04	29.41	2.74	175.18	2.01
2.10	37.39	67.62	1.81	4.70	0.04	29.41	2.80	189.09	2.01
2.17	37.70	70.18	1.86	4.85	0.04	29.40	2.84	199.05	2.01

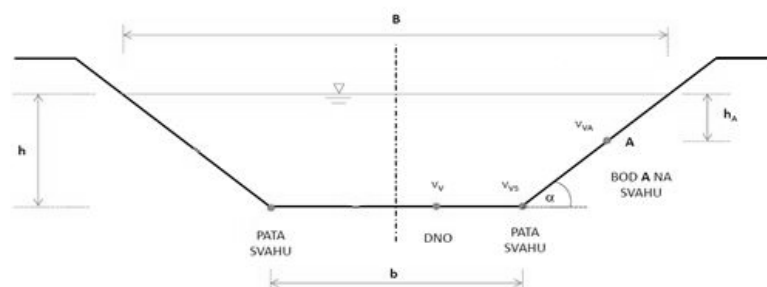
Vypočtené hodnoty byly zaneseny do grafu pro vykreslení měrné křivky a průběhu rychlosti.

Z grafu lze odečíst kritickou hloubku $h_k = 1$ m a vymýlací rychlost $v_v = 1,97 \text{ m.s}^{-1}$.



PŘÍLOHA B3. – Stabilita koryta

Schéma pro výpočet:



Vstupní parametry:

$d_{ef} =$	60	mm
$m =$	2	
$\alpha =$	27	°
$\psi =$	40	°

		Q	h	B	C	v	v_v
pro dno	Q_1	57	0.98	31.92	28.88	1.94	1.97
pro patu	Q_5	132	1.67	34.68	29.38	2.52	2.00
pro svah	Q_{20}	199	2.17	36.68	29.40	2.84	2.01

Výpočet:

1) Posouzení dna (Q_1)

	Q	v	v_v
Q_1	57	1.94	1.97

v	<	v_v
1.94	<	1.97

STABILNÍ

Vzorce:

$$v_{v_o} = v_v \cdot \frac{1}{v'_{max}}$$

$$v_v = C \cdot \sqrt{0,047 \cdot 1,65 \cdot d_e}$$

3) Posouzení paty svahu (Q₅)

	Q	h	v	v _v
Q ₅	132	1.67	2.52	2.00

k ₃ =	0.8414	
v _{vs} =	1.69	m.s ⁻¹

v	<	v _{vs}
2.52	>	1.69

NESTABILNÍ

Hloubka výmolu

Δh =	0.43	m
-------------	-------------	----------

Vzorce:

$$k_3 = \sqrt[4]{\cos^2 \alpha - \frac{\sin^2 \alpha}{\tan^2 \varphi}}$$

$$v_{vs} = v_v \cdot k_3$$

$$\Delta h = h \cdot \left(\frac{v}{v_v} - 1 \right)$$

3) Posouzení svahu (Q₂₀)

	Q	h	v	v _v
Q ₂₀	199	2.17	2.84	2.01

k ₃ =	0.8414	
Δ =	0.3	m

h _A	v _{VA}	
0.7681	2.84	
h _s =	0.77	m

Výška opevnění svahu

h_{op} =	1.70	m
-------------------------	-------------	----------

Vzorce:

$$k_3 = \sqrt[4]{\cos^2 \alpha - \frac{\sin^2 \alpha}{\operatorname{tg}^2 \phi}}$$

$$v_{VA} = v_V * k_3 * \left(\frac{h}{h_A}\right)^{0,5}$$

$$h_{OP} = (h - h_s) + \Delta$$

Výsledná tabulka:

Výsledná tabulka		výpočet	návrh	výpočet	návrh
dno	pata svahu	hloubka výmolu Δh (m)	hloubky opevnění paty svahu (m)	výška opevnění svahu h_{OP} (m)	výška opevnění svahu h_{OP} (m)
STABILNÍ	NESTABILNÍ	0.43	0.50	1.70	1.70

PŘÍLOHA B4. – Výstupní tabulka z programu HEC-RAS pro průtok $Q_{20} = 199 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pro navržené úpravy

Staničení	Kóta dna	Kóta hladiny vody	Kóta levého břehu	Kóta pravého břehu
	(m)	(m)	(m)	(m)
11.264	344.35	346.7	347.96	349.24
11.219	343.41	345.3	347.49	347.95
11.195	343.46	345.29	347.25	347.75
11.188	343.42	345.26	346.97	347.51
11.136	343.13	345.1	346.55	347.5
11.101	342.99	344.97	346.08	347.3
11.051	342.74	344.85	345.83	346.04
11.002	342.5	344.77	346.18	346.13
10.945	342.22	344.71	346.05	345.63
10.8664	341.52	344.54	345.89	344.89
10.866	342.22	344.18	345.89	344.9
10.865	342.22	343.87	345.86	344.83
10.858	341.52	343.75	345.83	344.74
10.813	341.3	343.29	345.42	343.97
10.764	341.05	343.19	345	343.67
10.698	340.73	343.09	344.74	344.21
10.663	340.55	343.06	344.42	343.9
10.6094	340.28	342.9	344.24	343.65
10.609	340.68	342.62	344.24	343.65
10.608	340.68	342.32	344.24	343.65
10.594	339.26	342.01	344.12	343.59
10.553	339.06	341.94	343.68	343.39
10.521	338.44	341.85	343.12	343
10.479	337.81	341.67	342.55	342.75
10.428	338.03	341.35	343.34	342.84
10.377	337.78	340.99	342.08	342.07
10.321	337.61	340.57	342.04	341.06
10.266	337.59	339.59	341.66	340.84
10.256	337.39	339.74	341.66	341.08
10.231	337.33	339.63	341.65	340.67
10.167	336.83	339.42	340.72	339.84
10.134	336.53	339.18	340.63	340.51
10.106	336.15	339.16	340.45	340.55
10.053	335.97	339.02	340.25	340.47
10.008	335.92	338.96	339.96	340.51
9.956	336.07	338.87	339.49	339.96
9.906	336.19	338.77	339.63	339.84
9.856	336.13	338.58	339.38	339.08
9.804	335.75	338.29	338.29	338.9
9.748	335.59	338.11	338.22	338.28
9.69	335.27	337.81	337.71	338.09
9.64	335.28	337.24	337.25	337.93